خطوط النقل والألياف البصرية

توصيل وربط الألياف البصرية

الوحدة الخامسة : توصيل وربط الألياف البصرية

الجدارة: هي القدرة على دراسة المشاكل والمعوقات التي تظهر عند ربط وتوصيل الألياف البصرية...

الأهداف: عندما تكتمل هذه الوحدة تكون لدى المتدرب القدرة على أن:

- يعرف طرق ربط وتوصيل الألياف البصرية.
- يدرس أشكال عدم الموائمة عند توصيل الألياف البصرية.
- يدرس المشاكل الداخلية الناتجة عن توصيل الالياف البصرية
- يتعرف على أنواع أدوات التوصيل ومواصفاتها العملية.
- يدرس الروابط (Couplers) وكيفية حساب الفقد لها.

مستوى الاداء المطلوب: أن يصل المتدرب على إتقان الجدارة بنسبة ٩٠٪

الوقت المتوقع للتدريب على الجدارة: ٤ ساعات.

الوسائل المساعدة:

- السبورة.
- استخدام برنامج "Power Point" لعرض محاضرات توصيل وربط الألياف البصرية.

متطلبات الجدارة:- أن يكون المتدرب ملماً بمحتوى الوحدة الثالثة والرابعة.

توصيل وربط الألياف البصرية

Fiber Optic Connections

مقدمة

من المعروف أن أنظمة الاتصالات البصرية تستخدم لنقل المعلومات إلى مسافات بعيدة جداً، ولذلك يجب ربط وتوصيل الألياف البصرية للحصول على الطول المطلوب. كذلك لا بُد من إيجاد طريقة فعّالة لتوصيل الليف إلى جهاز الإرسال (Transmitter) وجهاز الاستقبال (Receiver). لقد كانت المشكلة الأساسية في إيجاد طرق سهلة واقتصادية لتوصيل هذه الألياف مع بعضها البعض بأقل فقد ممكن، ويعود السبب في ذلك إلى صغر حجم الليف وسهولة كسره كونه مصنوعاً من الزجاج، وهنالك طريقتان لتوصيل الألياف مع بعضها البعض:

- اللحام (Splicing):

وهو طريقة ثابتة للتوصيل وأكثر الطرق انتشاراً وجدوى واللحام المقصود هنا هو اللحام بالانصهار الكهربائي (Fusion Splicing)، كذلك يستخدم اللحام الكيميائي (Chemical Splicing) في حالة الألياف البلاستيكية، وسوف نقوم بدراسة عملية لحام الليف بشكل مفصل في الوحدة القادمة.

- **وصلات الألياف** (Fiber Connectors):

أو ما يسمى اللحام الميكانيكي (MechanicalSplicing) وهي عبارة عن وصلات متحركة (Removable Connectors) ، بسيطة، سريعة حيث يتم بواسطتها توصيل الألياف مع بعضها يدوياً.

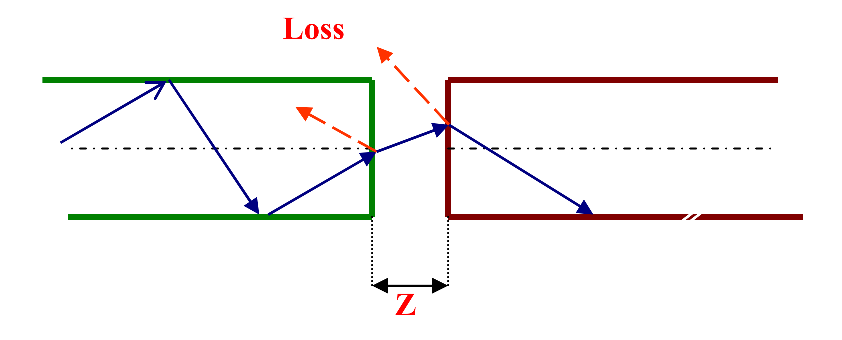
٥- ١ محاذاة الليف وفقد الوصلات Fiber Alignment and Joint Loss

في جميع أنواع الألياف البصرية هنالك مشاكل تظهر عند توصيلهما مع بعضهما البعض وهذه المشاكل تتسبب في زيادة الفقد لذلك لابُد من محاذاة (Alignment) الألياف قبل إجراء عملية التوصيل. وكذلك التأكد من أن الليفين المراد توصيلهم معا متطابقين تماما. وهذه المشاكل هي:-

٥- ١- ١ مشاكل عدم المحاذاة بين الألياف Fiber Misalignment Problems

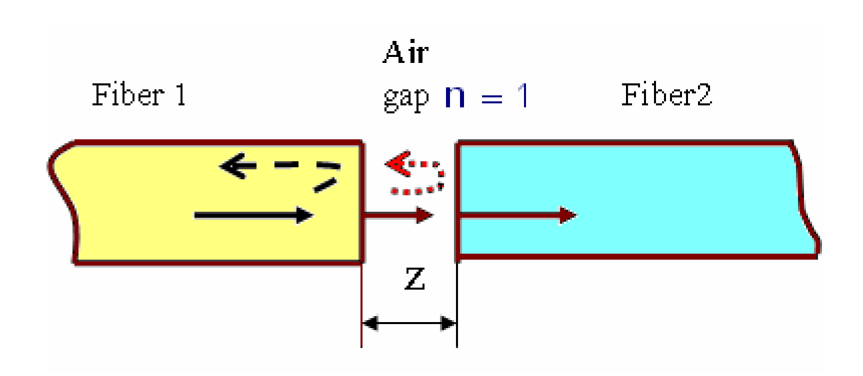
- أولاً: عدم المحاذاة الطولية Longitudinal Misalignment

تظهر هذه المشكلة عند توصيل ليفين باستخدام أدوات التوصيل (Connectors) حيث يبقى فراغاً بينهما وسوف نرمز له بالرمز (Z) (انظر الشكل ٥- ١). تؤدي عدم المحاذاة الطولية إلى حصول انعكاس فرسنل.



الشكل (٥- ١) عدم المحاذاة الطولية

يمكننا تعريف انعكاس فرسنل بأنه عبارة عن ظاهرة مرتبطة بتغيّر معامل الانكسار عند انتقال الضوء من الليف إلى الآخر الموصول به (عادةً ما يفصل الفراغ بين الليفين) مما يؤدي إلى انعكاس جزئي (Partial Reflection) للضوء المنتشر في الاتجاهين (انظر الشكل ٥- ٢). قيمة الفقد في قدرة الضوء بسبب انعكاس فرسنل تزداد كلما زاد الفرق بين معاملي الانعكاس لكل من الليفين والوسط الفاصل بينهما.

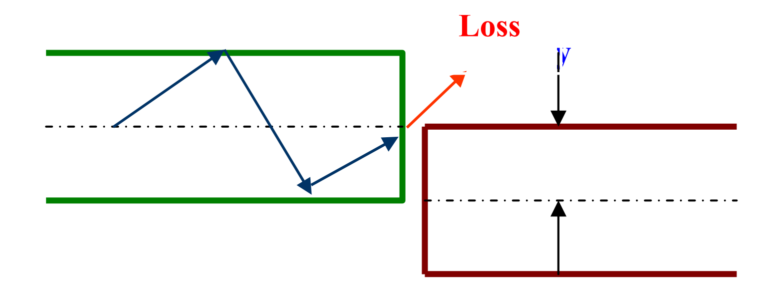


الشكل (٥- ٢) ظاهرة انعكاس فرسنل

للتقليل من تأثير انعكاس فرسنل، يجب ملء الفراغ بين الليفين بمادة خاصة لها نفس معامل الانكسار للب اليف (n_1) حيث تسمى (Index Matching Gel).

- **ثانياً: عدم المحاذاة الجانبية** Lateral Misalignment

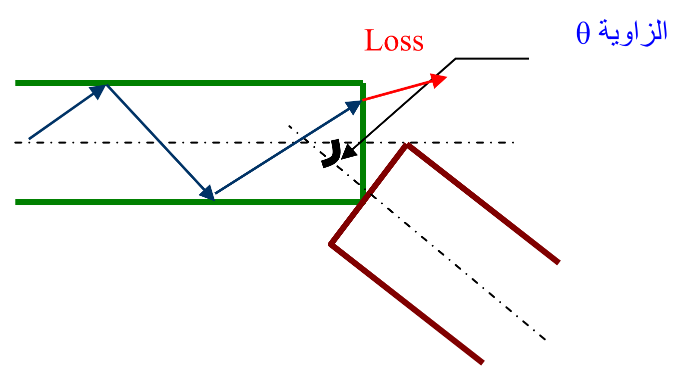
تظهر هذه المشكلة عند توصيل ليفين باستخدام اللحام أو أدوات التوصيل، حيث تظهر إزاحة جانبية والتي سنرمز لها (y)، انظر الشكل (٥- ٣). تتسبب عدم المحاذاة الجانبية في حصول فقد في قدرة الضوء تعتمد قيمته على نوع الليف ومقدار الإزاحة (y).



الشكل (٥- ٣) عدم المحاذاة الجانبية

- **ثالثاً: عدم المحاذاة الزاويّة** Angular Misalignment

تظهر هذه المشكلة عند توصيل ليفين باستخدام اللحام أو أدوات التوصيل، حيث تظهر زاوية بين امتداد الليف الأول والثاني والتي سنرمز لها (θ)، انظر الشكل (٥- ٤). تتسبب عدم المحاذاة الزاويّة في حصول فقد في قدرة الضوء تعتمد قيمته على نوع الليف ومقدار الزاوية (θ).



الشكل (٥- ٤) عدم المحاذاة الزاويّة

٥- ١- ٢ المشاكل الداخلية لتوصيل الألياف Connection Internal Problems

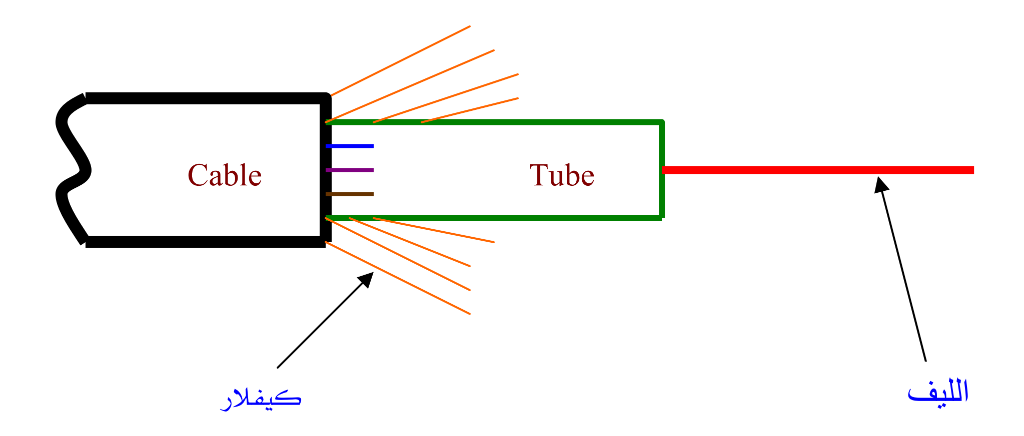
عند توصيل الألياف البصرية تظهر مشاكل داخلية ويكون سببها عدم مطابقة بعض القيم لليفين مما يؤدي لحدوث فقد وهذه المشاكل هي

- اختلاف قطر اللب / أو الغشاء (Different Core and / or Cladding Diameters)
- اختلاف فتحة النفوذ العددية (Different Numerical Aperture)
- اختلاف شكل معامل الانكسار (Different Refractive Index Profiles)

٥- ٢ الوصلات Connectors

يلزمنا استخدام الوصلات من أجل ربط وتوصيل الألياف البصرية بطريقة سهلة ومستعجلة دون الحاجة لاستخدام جهاز اللحام، كذلك لتوصيل طرف الليف لجهاز الإرسال والطرف الآخر لجهاز الاستقبال. في أنظمة الاتصالات البصرية، غالباً ما تكون مشاكل وأعطال فنية في النقاط التي يستخدم فيها الوصلات (Connectors).

قبل القيام بربط وتوصيل الوصلات إلى الليف البصري يجب تجهيزه وذلك بإزالة جميع الطبقات والأغلفة التي تحيط بالليف (الشكل ٥- ٥)



الشكل (٥- ٥) تحضير الكيبل البصري للربط مع الوصلات

٥- ٢- ١ الخصائص الأساسية للوصلات Connector Characteristics

هنالك ثلاث خصائص رئيسة يجب الانتباه لها عند اختيار واستخدام الوصلات:

أ- فقد الإدخال Insertion Loss

يعتبر فقد الإدخال أهم خاصية للوصلات وتمثل مقدار الفقد بالديسبل الذي يتعرض له الضوء عند عبوره من خلال الوصلة، حيث تُعطى في المواصفات التي يقدمها المصنّع. عادة ما نجد قيمتين: الأولى تمثل متوسط فقد الإدخال (Average Insertion Loss) حوالي (0.25dB) والثانية تمثل القيمة القصوى لفقد الإدخال (Maximum Insertion Loss) حوالي (0.5 dB).

ب- الفقد الراجع Return Loss

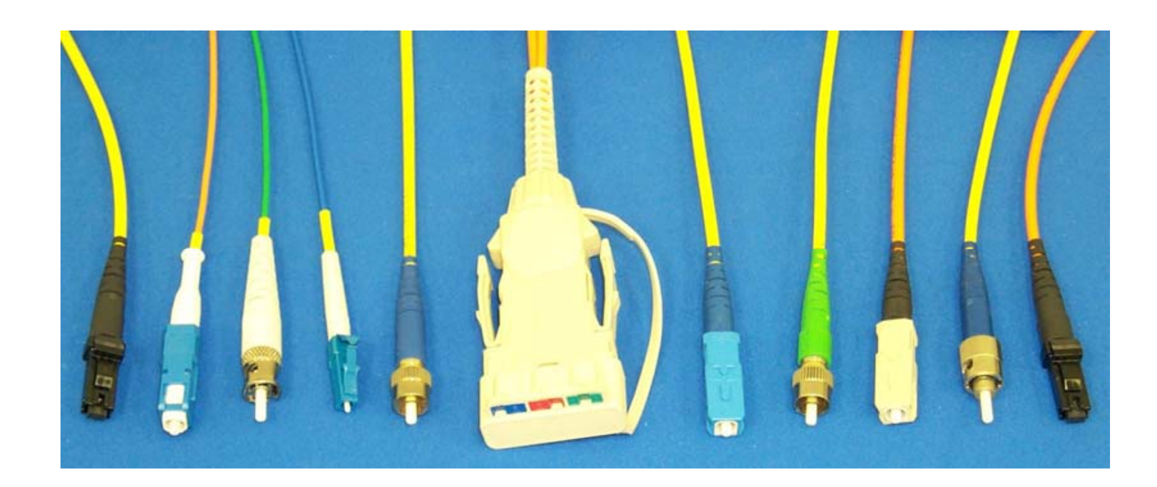
هنالك مشكلة عملية عند ربط الوصلات مع الليف البصري تتمثل في ارتداد (انعكاس) جزء من الضوء عند عبوره خلال الوصلة **إلى** بداية الخط مما يؤدي إلى فقد جزئي وإلى حصول خلل في عمل المصدر الضوئي (الليزر تحديداً). إن القيم المعتادة للفقد الراجع (المرتد) تكون أقل من (50 dB -)، ولتوضيح هذا الرقم، فهو يعني أن الجزء المنعكس من القدرة البصرية أقل من واحد من مائة ألف.

ت- التحمّلية أو المتانة Durability

من المعروف أن الوصلات تستخدم بشكل مؤقت وليس دائم، لذلك يجب أن تتمتع بالتحمّل وإمكانية الفك والتركيب لأكبر عدد ممكن من المرات، حيث يعتمد ذلك على نوعية وجودة التصنيع. إن الأنواع الجيدة من الوصلات يمكن أن تستخدم لعشرات المرات.

٥- ٢- ٢ أنواع الوصلات Connector Types

هنالك الكثير من الأنواع والموديلات المختلفة للوصلات المستخدمة في أنظمة الاتصالات البصرية تبعاً لنوع الليف وقياساته ونوع الأجهزة المستخدمة (أجهزة الإرسال والاستقبال والقياس). يظهر الشكل (٥- ٦) بعض أنواع الوصلات والشكل (٥- ٧) يوضح مجموعة من الأنواع الواسعة الانتشار وبعض الملحوظات عليها باللغة الإنجليزية.



الشكل (٥- ٦) أنواع مختلفة للوصلات المستخدمة في أنظمة الاتصالات البصرية

٥- ٢- ٣ قراءة المعطيات للوصلات Reading Data Sheet of Connectors

عادة ما تتضمن المعطيات التي تقدمها الشركات المصنعة للوصلات على المعلومات التالية:

- موديل وشكل القابس (Plug)، حيث يرمز لها ST, SC, FC, ...
- الاسم والماركة التجارية للمنتج (Manufacturer Brand Name)
- الأشكال والموديلات للأجهزة التي تتوافق مع الوصلة (Connector Compatibility)
- فقد الإدخال (Insertion Loss)
- الفقد الراجع (Return Loss)
- التحمّلية (Durability)
- مدى درجات الحرارة التي تعمل فيها (Operating Temperature Range)

بالإضافة إلى معلومات وبيانات أخرى نجدها في المواصفات العملية.

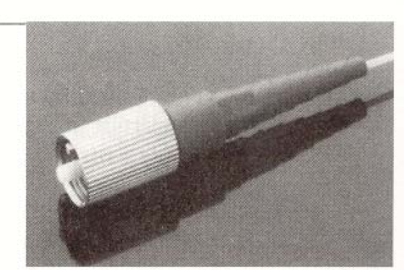
■ **Biconic Connector**

- Rugged Prevex hardware
- Conical ferrule design
- High precision, tapered ends
- Special tip length gauges provide low insertion loss
- Meets TIA 604.1 Fiber Optic Connector Intermateability Standard (FOCIS-1)



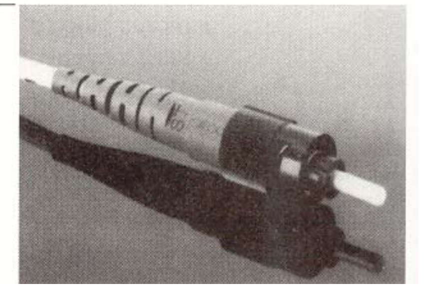
■ **D4 Connector**

- Cylindrical metal coupling nut with keyed sleeves
- 2.0 mm ceramic ferrule
- Pull-proof ferrule for durability
- For long-haul and local network applications
- Manufactured to Japan Industrial Standard (JIS) C 5971 specifications
- Ultra PC polish available



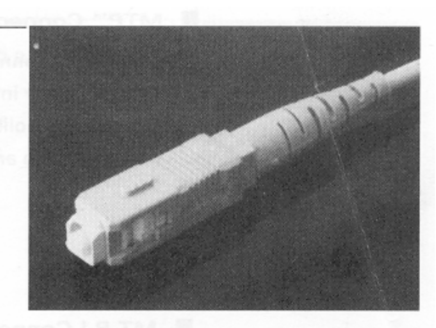
■ **ST® Compatible Connector**

- Twist-lock bayonet coupling
- 2.5 mm keyed ferrule assembly meets durability and repeatability requirements
- For long-haul and local network applications
- Ultra PC polish available



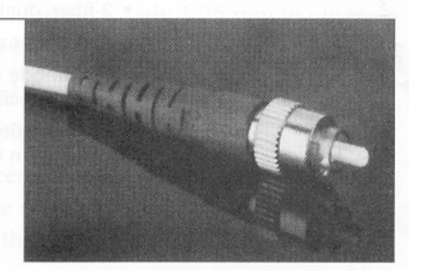
■ **SC Connector**

- Square, push-pull latching mechanism
- Keyed, molded housing provides optimum protection
- 2.5 mm ferrule, pull-proof design
- Available as a duplex connector (568SC) compliant to requirements of TIA/EIA-568A and Fibre Channel standard
- Manufactured to Japan Industrial Standard (JIS) C 5973 specifications
- Composite ferrule available for multimode
- Ultra PC and Angled PC polish available



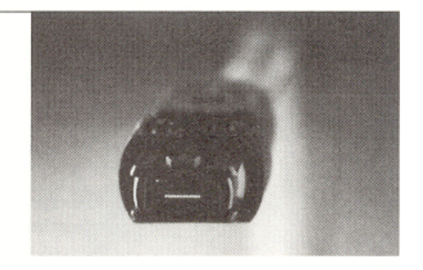
■ **FC Connector**

- Cylindrical metal coupling nut with keyed sleeves
- 2.5 mm ceramic ferrule
- Pull-proof ferrule for durability
- For long-haul and local network applications
- Manufactured to Japan Industrial Standard (JIS) C 5970 specifications
- Ultra PC and Angled PC polish available

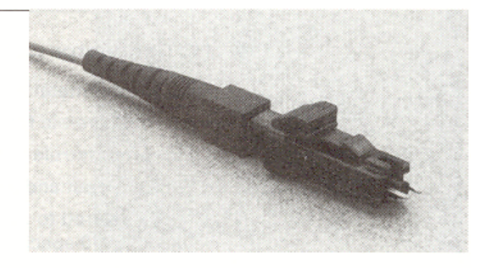


الشكل (٥- ٧) أنواع مختلفة للوصلات المستخدمة في أنظمة الاتصالات البصرية مع مواصفاتها

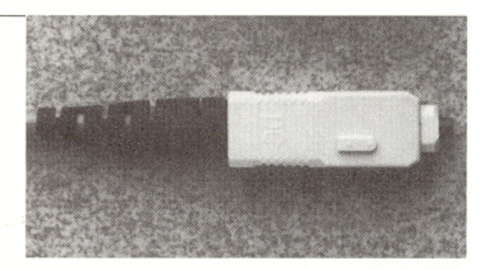
■ MTP™ Connector
- Multifiber connector (4, 6, 8, 12)
- High-density interconnect and OEM applications
- Angled PC polish available
- Single-mode and multimode designs



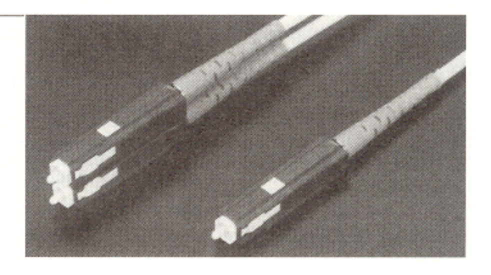
■ MT-RJ Connector
- 2-fiber, dual connect, single ferrule design
- RJ-style snag-free latch
- Multimode and single-mode performance to TIA specifications
- High density interconnect compatible with MT-RJ small form factor transceivers



■ SC-DC™ Connector
- 2-fiber, dual connect, single ferrule design
- 2.5 mm composite ferrule
- Familiar SC housing with push-pull mating mechanism
- Multimode and single-mode performance to TIA specifications



■ MU Connector
- Square, push-pull mating mechanism
- 1.25 mm ferrule, pull-proof design
- Reduced footprint
- High-density interconnect and OEM applications



تابع الشكل (٥- ٧) أنواع مختلفة للوصلات المستخدمة في أنظمة الاتصالات البصرية مع مواصفاتها

٥- ٣ الروابط Couplers

تعتبر الروابط مكونات خاملة (Passive Components) حيث انها لا تحتاج إلى الطاقة لأداء عملها. وهي تقوم بتجميع (Combine) الإشارات من اثنين أو أكثر من الخطوط الداخلة أو توزيع (Split) الإشارات من خط واحد إلى اثنين أو أكثر من الخطوط الداخلة. لذلك فإن استخدامها الرئيسي في شبكات اتصالات الألياف البصرية، ويظهر الشكل (٥- ٨) مجموعة من أنواع الروابط والموزّعات التي تستخدم في أنظمة الاتصالات البصرية.

الشكل (٥- ٨) بعض أنواع الروابط والموزّعات

في كل أنواع الروابط يتم تجميع أو توزيع القدرة من أو على الفروع المختلفة ، ولذلك فكلما زاد عدد الفروع في حالة التوزيع كلما نقص نصيب كل فرع من القدرة. ولتوضيح ذلك نقدم في الجدول (٥- ١) كيفية تغيّر نسبة توزيع القدرة مع زيادة عدد الفروع (المخارج) والفقد المرافق في كل حالة علماً بأن نسبة التوزيع بالتساوي:

جدول (٥- ١) نسبة توزيع القدرة على الفروع والفقد المرافق

Number of Output Ports عدد الفروع (المخارج)	Fraction of Output Power in each Output نسبة القدرة في كل فرع	Loss in dB الفقد المرافق
2	0.5	3
4	0.25	6
5	0.2	6.99
8	0.125	9
10	0.1	10
15	0.067	11.76
20	0.05	13
50	0.02	16.99
100	0.01	20
400	0.0025	26
1000	0.001	30

كيفية حساب القيم التي بالجدول (٥- ١):

- Fraction of Output Power in each Output = 1 / Number of Output Ports

- Loss in dB = 10 Log (Number of Output Ports)

٥- ٣- ١ الفقد الإضافي Excess Loss

يعرّف الفقد الإضافي للمجمّعات بأنه الفرق بين القدرة على المدخل و مجموع القدرة على جميع المخارج. بوحدة الديسبل يمكننا حساب الفقد الإضافي على الشكل التالي:

$$Exess\,Loss_{[dB]} = -10\,Log\left(\frac{P_1 + P_2 + ...+ P_n}{P_{in}}\right) \qquad (5.1)$$

٥- ٣- ٢ خصائص الروابط Coupler Characteristics

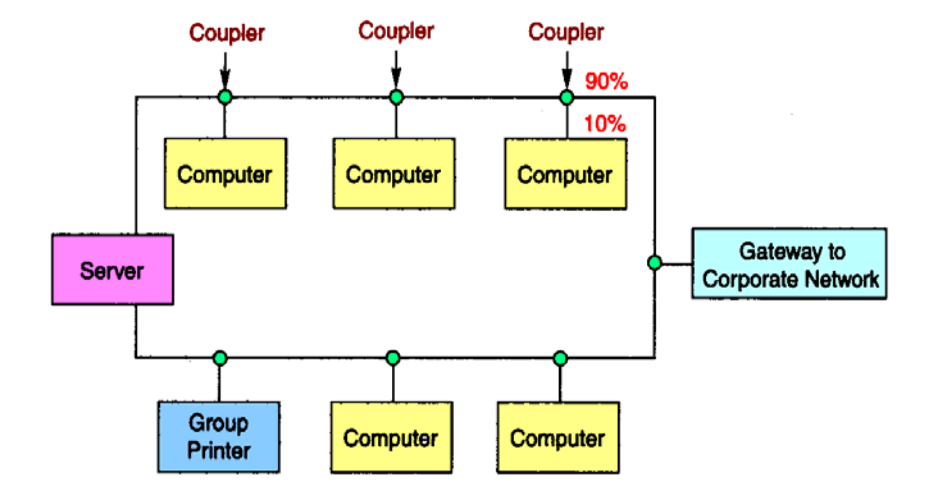
هنالك مجموعة من الخصائص التي تحدد عمل وأداء الروابط أهمها:

- اتجاهية إرسال الضوء (Directionality of Light Transmission)
- عدد المداخل والمخارج (Number of Inputs and Outputs)
- انتقائية الطول الموجي (Wavelength Selectivity)
- نوع الإرسال: أحادي أو متعدد النمط (Type of Transmission: Single or Multimode)
- توهين الإشارة (Signal Attenuation)
- معدّل التوزيع (Signal Splitting)
- الفقد المرتبط بحالة الاستقطاب (Polarization Dependent Loss)

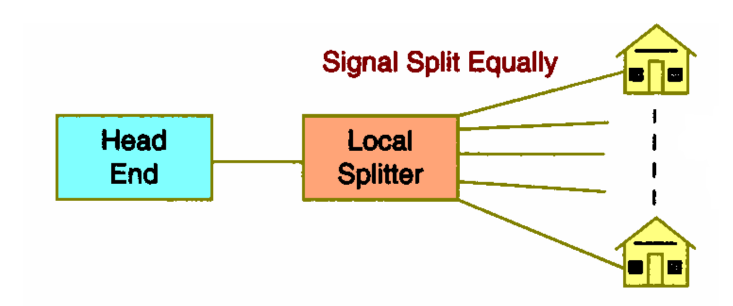
٥- ٣- ٣ تطبيقات الروابط Coupler Applications

لقد تم استخدام الروابط في مجالات متعددة (انظر الشكل "٥- ٩")، أهمها:

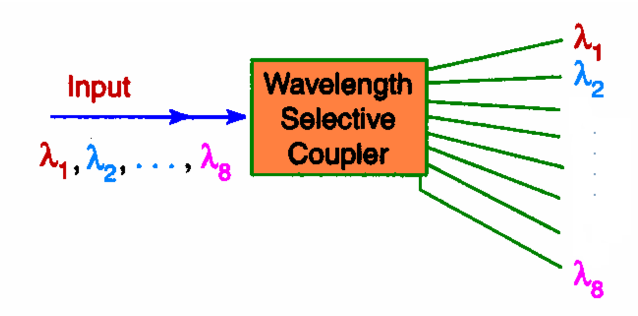
- شبكات الاتصالات المحلية (Local Area Networks- LAN).
- البث التلفزيوني عبر الكيبل (Cable Television Distribution - CTVD).
- تجميع القنوات باستخدام التقسيم الموجي (Wavelength Division Multiplexing - WDM).



a. Local-Area Network شبكة الاتصالات المحلية.



b. Cable Television البث التلفزيوني عبر الكيبل



c. Wavelength-Division Demultiplexing

تجميع القنوات باستخدام التقسيم الموجي

شكل (٥- ٩) التطبيقات المختلفة للروابط

تدريبات على الوحدة الخامسة

تمرين ١: أكمل الجدول التالي:

Number of Output Ports عدد الفروع (المخارج)	Fraction of Output Power in each Output نسبة القدرة في كل فرع	Loss in dB الفقد المرافق
6		
12		
22		
30		
64		
128		
200		
256		
1000		
2000		
5000		

تمرين ٢: وضّح طريقة التخلّص من انعكاس فرسنل؟

تمرين ٣: وضّح الخصائص الرئيسة للمجمّعات؟

تمرين ٤: أيهما أسوأ عدم المحاذاة الجانبية أم الزاويّة لليف الأحادي النمط؟